



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

**⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 41 42 274 A 1**

(51) Int. Cl. 5:
H 02 P 6/02
H 02 P 1/16
H 02 H 7/09
H 02 H 5/04
// F04D 27/00

(21) Aktenzeichen: P 41 42 274.0
(22) Anmeldetag: 20. 12. 91
(43) Offenlegungstag: 24. 6. 93

DE 4142274 A1

⑦1 Anmelder:

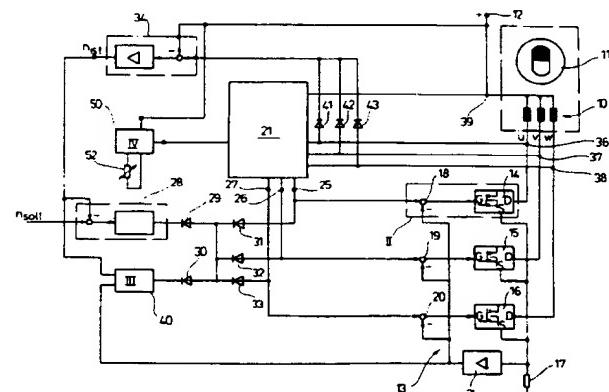
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:

Albrecht, Joerg, Dipl.-Ing., 7500 Karlsruhe, DE;
Wehberg, Josef, Dipl.-Ing., 7580 Bühl, DE

54 Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Mehrphasen-Synchronmotors an einem Gleichspannungsnetz

57 Eine Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Mehrphasen-Synchronmotors weist eine aus Halbleiterschaltern (14-16) bestehende Schaltvorrichtung (13) zum sukzessiven Anschließen der Wicklungsphasen (u , v , w) der Ankerwicklung (10) an die Netzgleichspannung und eine Kommutierungsvorrichtung (21) zum folgerichtigen Ansteuern der Halbleiterschalter (14-16) mit Schaltsignalen in Übereinstimmung mit der Rotordrehstellung auf. Zur Reduzierung des Kommutierungsgeräusches bei geringem schaltungstechnischen Aufwand sowie zur Erzielung eines sanften geräuscharmen Anlaufvorgangs ist jedem Steuereingang (G) der Halbleiterschalter (14-16) ein analoger Differenzialbildner (18-20) vgeschaltet, dem einerseits das dem Halbleiterschalter (14-16) zugeordnete Schaltsignal und andererseits ein aus dem Motorstrom abgeleitetes Referenzsignal zugeführt ist. Eine Störgrößenaufschaltung (40) wirkt dabei derart auf die Schaltsignale ein, daß zur Begrenzung des Motorstroms die Schaltsignalamplituden drehzahlabhängig abgesenkt werden (Fig. 1).



DE 4142274 A1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Synchronmotors mit mehrphasiger Ankerwicklung an einem Gleichspannungsnetz der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Bei einer bekannten Schaltungsanordnung dieser Art für einen dreiphasigen Synchronmotor (DE 39 40 569 A1) sind zwecks Reduzierung des Kommutierungsgeräusches und der Funkstörung die Schaltsignale so ausgebildet, daß jeweils die beiden Schaltsignale für die den kommutierenden Wicklungsphasen zugeordneten Halbleiterschalter einander zeitlich überlappen. Eines der beiden Schaltsignale wird dabei im Überlappungsbereich derart getaktet, daß der Mittelwert des Strangstroms in der aufkommunizierenden Wicklungsphase zunimmt und in der abkommunizierenden Wicklungsphase abnimmt, und zwar linear oder nach einer e-Funktion. Diese Art der Kommutierung erfordert jedoch ein relativ hohen Schaltungsaufwand.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil des geringeren schaltungstechnischen Aufwands bei relativ geringem Kommutierungsgeräusch und sehr geringer Funkstörung, die zusätzliche Entstörungsmaßnahmen überflüssig macht. Bei der Kommutierung, d. h. beim Übergang des Stroms von der einen zu der anderen Wicklungsphase, wirkt sich die analoge Steuerung der Halbleiterschalter positiv in der Weise aus, daß nur eine geringe Stromteilheit auftritt. Diese wiederum verursacht nur geringe Überspannungen, so daß Freilaufdiode und Spannungsbegrenzer entfallen können. Die zusätzliche Störgrößenaufschaltung begrenzt den Motorstrom, was insbesondere in der Startphase des Motors zum Tragen kommt, und reduziert damit die Verlustleistung in den Halbleiterschaltern. Damit einher geht eine Reduzierung des Motordrehmoments in der Startphase, das so eingestellt werden kann, daß eine ausreichende Beschleunigung des Synchronmotors sichergestellt ist. Aufgrund der Drehmomentenbegrenzung entsteht ein sanfter gleichmäßiger Anlauf, der sich in einem geringen Motorgeräusch widerspiegelt. Der stark reduzierte Startstrom erlaubt außerdem einen über längere Zeit blockierten Betrieb, ohne daß der Synchronmotor eine zu große Verlustleistung abführen muß.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ist insbesondere für Gebläsemotoren geeignet, da diese im allgemeinen eine parabelförmige Drehmomentenabhängigkeit über der Drehzahl besitzen, so daß auch der Motorstrom mit einem quadratischen Verlauf über der Drehzahl beschrieben werden kann. Der Startstrom, und damit das Startdrehmoment, ist sehr gering und steigt erst bei der vollen Drehzahl auf den Maximalwert an.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Schaltungsanordnung möglich.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine Abschaltvorrichtung vorgesehen, die bei

Obertemperatur und/oder Überspannung die Kommutierungsanordnung für die Schaltvorrichtung verriegelt. Diese zusätzliche Temperaturüberwachung sorgt für die Abschaltung der Motorsteuerung, wenn der blockierte Betrieb über eine zugelassene Dauer hinaus nicht aufgehoben werden kann. Mit wenigen Zusatzauteilen kann diese Überwachungsschaltung auch zur Sensierung von Überspannungen herangezogen werden, so daß bei Auftreten solcher Überspannungen die Motorsteuerung ebenfalls abgeschaltet wird. In beiden Fällen wird die Abschaltung automatisch zurückgenommen, wenn die Normalzustände wieder erreicht sind.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist noch eine zusätzliche Schutzschaltung vorgesehen, welche niederohmige Störspannungsimpulse, z. B. sog. Load Dump-Impulse, durch die in der Schaltvorrichtung vorhandenen, als Leistungstransistoren ausgebildete Halbleiterschalter begrenzt, wodurch Schäden in der Steuerelektronik verhindert werden. Die Schutzschaltung weist hierzu eine Reihenschaltung aus Zenerdiode und Widerstand auf. Die am Widerstand abfallende Differenzspannung zwischen Netzgleichspannung und Zenerspannung ist über eine Entkopplungsdiode an die Steuereingänge der Halbleiterschalter gelegt. Das Ansteigen der Differenzspannung bei Auftreten von Störspannungsimpulsen führt zu einem gleichzeitigen Durchsteuern aller Halbleiterschalter, so daß ein Strom über alle Phasen der Ankerwicklung fließt. Da die dynamische Wärmeleitfähigkeit der Halbleiterschalter sehr viel höher liegt als die für Dauerbelastung, können die kurzen Spannungsimpulse somit sicher begrenzt werden. Durch die Verwendung der Halbleiterschalter selbst zum Kurzschließen der Überspannungsimpulse kann auf Schaltelemente, wie Spannungsbegrenzertonden oder zeitverzögerte Relaischaltungen (DE 37 38 503 C1), verzichtet und so ein geringes Bauvolumen und niedrige Herstellkosten erzielt werden.

Zeichnung

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild einer Schaltungsanordnung zum Betreiben eines dreiphasigen Synchronmotors mit elektronischer Kommutierung (EG-Motor) an einem Gleichspannungsnetz,

Fig. 2 ein Schaltbild eines Differenzbildners mit nachgeordnetem Halbleiterschalter in der Schaltungsanordnung gemäß strichpunktierter Umrahmung II in Fig. 1,

Fig. 3 ein Schaltbild einer Störgrößenaufschaltung der Schaltungsanordnung gemäß Block III in Fig. 1,

Fig. 4 ein Schaltbild einer Obertemperatur- und Überspannungs-Abschaltvorrichtung in der Schaltungsanordnung gemäß Block IV in Fig. 1,

Fig. 5 ausschnittweise die Schaltungsanordnung in Fig. 1, ergänzt durch eine Schutzschaltung gegen niederohmige Störspannungsimpulse,

Fig. 6 ein Schaltbild einer Schaltungsanordnung zum Betreiben eines dreiphasigen EG-Motors gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

Fig. 7 ausschnittweise das Schaltbild der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 6, ergänzt durch eine Schutzschaltung gegen niederohmige Störspannungsimpulse.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In dem in Fig. 1 dargestellten Schaltbild ist mit 10 die

dreiphasige Ankerwicklung des Synchronmotors bezeichnet, die mit ihren Wicklungssträngen oder Wicklungsphasen u, v, w im Ständer des Synchronmotors untergebracht ist. Der als Permanentmagnetrotor ausgebildete Läufer oder Rotor ist mit 11 bezeichnet. Er ist hier symbolisch zweipolig dargestellt, kann aber auch eine andere Polzahl aufweisen. Die Wicklungsphasen u, v, w sind an dem einen Wicklungsende zu einem Sternpunkt 39 zusammengefaßt, der aus dem Synchronmotor herausgeführt ist und an dem positiven Potential "+" des Gleichspannungsnetzes 12 angeschlossen ist. Die drei freien, auf einem Klemmenbrett liegenden Wicklungsanschlüsse 36, 37, 38 der drei Wicklungsphasen u, v, w sind mit einer Schaltvorrichtung 13 verbunden, die an dem anderen Potential des Gleichspannungsnetzes 12 liegt.

Die Schaltvorrichtung 13 weist drei schematisch dargestellte Leistungstransistoren 14, 15, 16 auf, die jeweils in Reihe mit einer Wicklungsphase u, v, w liegen. Wie in Verbindung mit Fig. 2 ersichtlich ist, ist jeder Leistungstransistor 14–16 von einem Leistungs-MOSFET 22 gebildet, dessen Drain D an der zugeordneten Wicklungsphase u bzw. v bzw. w und dessen Source S über einen Widerstand 17 an dem unteren Potential des Gleichspannungsnetzes 12 liegt. Dabei sind die Sources S aller Leistungs-MOSFET 22 über denselben Widerstand 17 an dem Gleichspannungsnetz 12 angeschlossen. Die Leistungstransistoren 14, 15, 16 werden von Differenzbildern 18, 19, 20 gesteuert, denen einerseits ein aus dem Summenstrom der Ankerwicklung 10, also dem Motorstrom, abgeleitetes Referenzsignal und andererseits Schaltsignale zugeführt werden, die von einer Kommutierungsvorrichtung 21 in Abhängigkeit von der Rotorstellung generiert werden. Jeder Differenzbildner 18–20 ist gemäß Fig. 2 von einem Differenzverstärker 23 gebildet, dessen Ausgang mit dem Gate G des Leistungs-MOSFET 22 verbunden ist. Das Referenzsignal ist dabei an den invertierenden Eingang 231 und das Schaltsignal an den nicht invertierenden Eingang 232 des Differenzverstärkers 23 gelegt. Zur Gewinnung des Referenzsignals wird der Spannungsabfall am Widerstand 17 abgegriffen, mit einem Verstärker 24 in eine ausreichend hohe Spannung umgesetzt und an die invertierenden Eingänge 231 der drei Differenzverstärker 23 gelegt.

Die Positionserkennung des Rotors 11 erfolgt sensorlos durch Ausnutzung der in den Wicklungsphasen u, v, w der Ankerwicklung 10 induzierten Spannungen. Hierzu ist die Kommutierungsvorrichtung 21 mit dem Sternpunkt 39 und den Wicklungsanschlüssen 36–38 verbunden. Die sensorlose Positionserkennung ist bekannt und in einem Beispiel in der DE 30 42 819 A1 beschrieben, so daß darauf hier nicht näher eingegangen wird. Die von der Kommutierungsvorrichtung 21 in Abhängigkeit von der Drehstellung des Rotors 11 erzeugten Schaltsignale, die um 120° elektrisch gegeneinander verschoben sind, stehen an den Ausgängen 25, 26, 27 der Kommutierungsvorrichtung 21 und damit an den mit diesen Ausgängen verbundenen nicht invertierenden Eingängen 232 der drei Differenzverstärker 23 an. Diese Schaltsignale werden zusätzlich in Abhängigkeit von der Drehzahl des Synchronmotors begrenzt. Hierzu ist ein Drehzahlregler 28 vorgesehen, dem einerseits die Istdrehzahl n_{ist} und andererseits die Solldrehzahl n_{soll} zugeführt ist. Der Ausgang des als P- oder als PI-Regler ausgebildeten Drehzahlreglers 28 ist über eine Entkopplungsdiode 29 sowie über jeweils eine weitere Entkopplungsdiode 31 bzw. 32 bzw. 33 an jedem der Ausgänge 25–27 der

Kommutierungsvorrichtung 21 angeschlossen, so daß die am Ausgang des Drehzahlreglers 28 auftretende Stellgröße die Amplitude der an die Differenzbildner 18–20 gelangenden Schaltsignale reduziert. Die Istdrehzahl n_{ist} des Synchronmotors wird in einem Drehzahlwertgeber 34 aus den Phasenspannungen der Wicklungsphasen u, v, w der Ankerwicklung 10 gewonnen, wozu der Drehzahlwertgeber 34 einerseits über Entkopplungsdioden 41–43 mit den Wicklungsanschlüssen 36–38 und andererseits mit dem positiven Potential des Gleichspannungsnetzes 12 verbunden ist.

Eine in Fig. 1 durch den Block III symbolisierte Störgrößenaufschaltung 40, bewirkt außerdem durch ein drehzahlabhängiges Absenken der Schaltignalamplituden an den Ausgängen 25–27 der Kommutierungsvorrichtung 21 für eine Begrenzung des durch den Widerstand 17 fließenden Phasensummenstroms, also des Motorstroms. Wie aus dem in Fig. 3 dargestellten Schaltbild der Störgrößenaufschaltung 40 zu entnehmen ist, weist diese hierzu einen Differenzverstärker 44 auf, an dessen invertierendem Eingang das aus dem Motorstrom abgeleitet Referenzsignal und an dessen nicht invertierendem Eingang einer der Istdrehzahl n_{ist} des Synchronmotors proportionale Eingangsspannung liegt. Hierzu ist der Ausgang des Verstärkers 24 über einen Vorwiderstand 49 an dem invertierenden Eingang 441 des Differenzverstärkers 44 und der Ausgang des Drehzahlwertgebers 34 an einem Spannungsteiler, bestehend aus den Widerständen 45, 46, angeschlossen, dessen Teilerabgriff über einen Vorwiderstand 47 mit dem nicht invertierenden Eingang 442 des Differenzverstärkers 44 verbunden ist. Der Spannungsteiler 45, 46 und der Vorwiderstand 47 sind dabei so bemessen, daß bei maximaler Motordrehzahl ein zugelassener maximaler Motorstrom auftritt. Bei Start des Synchronmotors ist dessen Drehzahl gleich Null. Ein Ansteigen des Motorstroms wird vom Differenzverstärker 44 verhindert, da eine dem Motorstrom proportionale Eingangsspannung an dem invertierenden Eingang 441 des Differenzverstärkers 44 liegt. Damit ein Starten des Synchronmotors möglich ist, wird über einen Widerstand 48 eine Referenzspannung U_{ref} auf den nicht invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 442 gegeben. Die Größe des Widerstands 48 und die der Spannung U_{ref} bestimmen den Startstrom. Dreht der Synchronmotor, so nimmt der begrenzte Stromwert des Motorstroms mit der Drehzahl zu. Der Maximalstrom bei voller Motordrehzahl ist mit den Widerständen 46, 47 eingestellt.

Auf die Kommutierungsvorrichtung 21 wirkt eine Abschaltvorrichtung 50 ein, die bei Übertemperatur und/oder Überspannung die Kommutierungsvorrichtung 21 verriegelt, d. h. die Motorsteuerung abschaltet. Diese in Fig. 1 durch den Block IV gekennzeichnete Abschaltvorrichtung 50 ist in Fig. 4 im einzelnen dargestellt. Sie weist einen Komparator 51 auf, an dem einerseits eine Referenzspannung und andererseits eine aus der Betriebsspannung des Synchronmotors und eine aus einem Spannungsabfall an einem temperaturabhängigen Widerstand 52 (NTC-Widerstand) abgeleitete Eingangsspannung anliegen. Überschreitet eine der Eingangsspannungen die Referenzspannung, so gibt der Komparator 51 ein Blockiersignal ab, während dessen Dauer die Kommutierungsvorrichtung 21 keine Schaltsignale erzeugt. Die Referenzspannung ist dabei an einer Zenerdiode 53 abgegriffen, die in Reihe mit einem Widerstand 54 an dem Gleichspannungsnetz 12 angeschlossen ist. Parallel zu dieser Reihenschaltung aus Zenerdiode 53 und Widerstand 54 ist ein Spannungsteiler

aus dem temperaturabhängigen Widerstand 52 und einem Widerstand 55 sowie ein Spannungsteiler, bestehend aus den Widerständen 56 und 57, geschaltet. Der Verbindungspunkt zwischen dem temperaturabhängigen Widerstand 52 und dem Widerstand 54 ist mit dem nicht invertierenden Eingang des Komparators 51 und der Verbindungspunkt zwischen Zenerdiode 53 und Widerstand 55 sowie der Teilerabgriff des Spannungsteilers 56, 57 sind jeweils über eine Entkopplungsdiode 58 bzw. 59 mit dem invertierenden Eingang des Komparators 51 verbunden.

Die vorstehend beschriebene Schaltungsanordnung kann noch durch eine weitere Schutzschaltung 60 ergänzt werden, wie diese in Verbindung mit einem Teil der Schaltungsanordnung in Fig. 5 dargestellt ist. Mit Fig. 1 übereinstimmende Bauteile sind dabei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Die Schutzschaltung 60 verhindert eine Zerstörung der Steuerelektronik durch niederohmige Störspannungsimpulse, z. B. sog. Load Dump-Impulse. Sie weist eine Reihenschaltung aus einer Zenerdiode 61 und einem Widerstand 62 auf, die an dem Netzgleichspannungsnetz 12 angeschlossen ist. Der Verbindungspunkt zwischen Zenerdiode 61 und Widerstand 62 ist über jeweils eine Entkopplungsdiode 63, 64, 65 mit dem Gate G der als MOSFET 22 ausgebildeten Halbleiterschalter 14—16 verbunden. Jedes Gate G der drei Halbleiterschalter 14—16 ist über einen Widerstand 66 an das untere Potential des Gleichspannungsnetzes 12 angeschlossen. Diese Widerstände 66 sorgen im Normalbetrieb der Schaltungsanordnung für einen sicheren Sperrzustand der MOSFET 22. Bei geeigneter Integration der Schutzschaltung 60 können die Widerstände 66 entfallen. Treten Überspannungsimpulse auf, deren Amplitude über der Durchbruchsspannung der Zenerdiode 61 liegen, so fällt die Differenzspannung an dem Widerstand 62 ab. Diese Spannung gelangt über die Entkopplungsdioden 63—65 an die Gates G der MOSFET 22. Das Ansteigen der Gatespannungen führt zu einem gleichzeitigen Durchsteuern der drei MOSFET 22, so daß ein Strom über die Wicklungsphasen u, v, w der Ankerwicklung 10 durch die MOSFET 22 zustandekommt. Der Strom teilt sich dabei in etwa zu gleichen Teilen auf die drei MOSFET 22 auf.

Bei der in Fig. 4 dargestellten Schaltungsanordnung zum Betreiben eines EG-Motors am Gleichspannungsnetz 12 ist im Gegensatz zu der Schaltungsanordnung in Fig. 1, die eine sog. Halbwellensteuerung darstellt, eine Vollwellensteuerung realisiert. Hierzu weist die Schaltvorrichtung 13' insgesamt sechs als Leistungs-MOSFET 22 gemäß Fig. 2 ausgebildete Leistungstransistoren 71—76 auf, von denen jeweils zwei Leistungstransistoren 71, 74 bzw. 72, 75 bzw. 73, 76 in Reihe geschaltet sind. Der gemeinsame Verbindungspunkt ist jeweils auf einen der Wicklungsanschlüsse 36—38 gelegt. Alle drei Reihenschaltungen der Leistungstransistoren 71—76 sind parallel geschaltet, und die Parallelschaltungen sind über den Widerstand 17 an das Gleichspannungsnetz 12 angeschlossen. Jedem Gate G der Leistungstransistoren 74—76 ist in gleicher Weise wie in Fig. 1 einer der Differenzbildner 18, 19, 20 vorgeschaltet, die in gleicher Weise wie in Fig. 1 eingangsseitig mit dem Ausgang des Verstärkers 24 und über die Entkopplungsdioden 31, 32, 33 mit dem Block 77 verbunden sind. Der Block 77 umfaßt einerseits den Drehzahlregler 28 mit Entkopplungsdiode 29 und andererseits die Störgrößenaufschaltung 40 mit Entkopplungsdiode 30. Zur sensorlosen Erkennung der Rotordrehstellung ist die Kommutierungsvorrichtung 21 wie in Fig. 1 mit dem Sternpunkt 39 der

Ankerwicklung 10 und den Wicklungsanschlüssen 36—38 verbunden. Die Ansteuerung der Leistungstransistoren 71—73 erfolgt ebenfalls durch die Kommutierungsvorrichtung 21, wobei jedoch zwischen den Ausgängen 78, 79, 80 der Kommutierungsvorrichtung 21 und den Gates der Leistungstransistoren 71—73 jeweils eine Treiberstufe 81 angeordnet ist. Die Treiberstufen 81 sind in Fig. 6 zu einem Treiberblock zusammengefaßt. Die Treiberschaltungen 81 müssen, um ein sicheres Einschalten der Leistungstransistoren 71—73 zu gewährleisten, mit einer erhöhten Spannung versorgt werden, wozu eine Spannungsvervielfacherschaltung 82 vorgesehen ist, die eine Zusatzspannung erzeugt. Der Drehzahlwertgeber 34' enthält eine Frequenz-Spannungswandler-Schaltung 82, in welcher eine der Istdrehzahl n_{st} des Synchronmotors proportionale Ausgangsspannung durch eine Signalumformung an einem der Ausgänge der Kommutierungsvorrichtung 21 erzeugt wird. Die Funktion der Schaltungsanordnung ist identisch der zu Fig. 1 beschriebenen Schaltungsanordnung, wobei jedoch durch die Vollwellensteuerung eine höhere Ausnutzung des EG-Motors erzielt wird.

Auch eine solche Schaltungsanordnung kann mit einer Schutzschaltung 60' gegen niederohmige Störspannungsimpulse ausgerüstet werden, wobei diese gegenüber der Schutzschaltung 60 in Fig. 5 leicht modifiziert ist. Wie aus Fig. 7 ersehen werden kann, in welcher die Schutzschaltung 60' zusammen mit einem Ausschnitt der Schaltungsanordnung in Fig. 6 dargestellt ist, ist wiederum die Reihenschaltung aus Zenerdiode 61 und Widerstand 62 am Gleichspannungsnetz 12 angeschlossen. Der zwischen Widerstand 62 und Zenerdiode 61 angeordnete Widerstand 67 dient der Strombegrenzung. An dem Verbindungspunkt zwischen den Widerständen 62 und 67 sind die Basen zweier in Reihe geschalteter pnp-Transistoren 68, 69 angeschlossen. Die Gates der Leistungstransistoren 71, 72 und 73 sind über je eine Entkopplungsdiode 83 bzw. 84 bzw. 86 mit dem Kollektor des pnp-Transistors 68 und die Gates der Leistungstransistoren 74, 75, 76 über je eine Entkopplungsdiode 86 bzw. 87 bzw. 88 mit dem Kollektor des pnp-Transistors 69 verbunden. Bei Auftreten von Störspannungsimpulsen gelangt die Zenerdiode 61 in den Durchbruch und die Spannung an dem Widerstand 62 führt zu einem Durchsteuern der pnp-Transistoren 68, 69. Die durchgesteuerten pnp-Transistoren 68, 69 führen über die Entkopplungsdioden 83—88 den Gateanschlüssen der Leistungstransistoren 71—76 eine Spannung zu und steuern letztere auf. Die Leistungstransistoren 74—76 werden dabei fast vollständig durchgeschaltet, während die Leistungstransistoren 71—73 nur teilweise leitend sind, nämlich gerade soweit, daß die Betriebsspannung auf einen sicheren Wert begrenzt wird. Auch hier teilt sich bei der Durchsteuerung der Leistungstransistoren 71—76 der Motorstrom etwa zu gleichen Teilen in den drei Leistungstransistorzweigen auf. Die Verlustleistung wird dabei von den Leistungstransistoren 71—73 etwa zu gleichen Teilen übernommen. Die übrigen in Fig. 7 dargestellten Bauelemente entsprechen denen in Fig. 6 und sind mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen. Der Treiberblock 81 in Fig. 6 ist durch die einzelnen, den Leistungstransistoren 71—73 jeweils zugeordneten Treiberstufen 81 dargestellt. Die eine Treiberstufe 81 ist in ihrem Detailaufbau abgebildet.

Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere unterliegt die Phasenzahl der Ankerwicklung keinerlei Einschränkung. Anstelle der Ableitung der Rotordreh-

stellung aus den Phasenspannungen der Ankerwicklung könne auch Positionssensoren verwendet werden, die räumlich versetzt am Rotorumfang angeordnet sind und der Drehstellung des Rotors oder Läufers 11 entsprechende Ausgangssignale an die Kommutierungsvorrichtung 21 abgeben. Solche Positionssensoren sind bekannt, so daß hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Synchronmotors mit mehrphasiger Ankerwicklung an einem Gleichspannungsnetz, mit einer Schaltvorrichtung zum sukzessiven Anschließen der Wicklungsphasen der Ankerwicklung an die Netzgleichspannung, die eine Mehrzahl von den einzelnen Wicklungsphasen zugeordneten Halbleiterschaltern aufweist, und mit einer Kommutierungsvorrichtung zum folgerichtigen Ansteuern der Halbleiterschalter mit Schaltsignalen in Übereinstimmung mit der Rotordrehstellung des Synchronmotors, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Steuereingang (G) der Halbleiterschalter (14—16) ein analoger Differenzbildner (18—20) vorgeschaltet ist, dem einerseits das dem Halbleiterschalter (14—16) zugeordnete Schaltsignal und andererseits ein aus dem Phasensummenstrom der Ankerwicklung (10) (Motorstrom) abgeleitetes Referenzsignal zugeführt ist, daß die Ansteuerung der Halbleiterschalter (14—16) durch die Differenzbildner (18—20) so getroffen ist, daß die Halbleiterschalter (14—16) jeweils durchgeschaltet sind, solange die Amplitude des zugeordneten Schaltsignals größer ist als die Amplitude des Referenzsignals, und daß eine auf die Schaltsignale einwirkende Störgrößenaufschaltung (40) vorgesehen ist, die durch drehzahlabhängiges Absenken der Schaltsignalamplituden eine Begrenzung des Motorstroms herbeiführt.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Störgrößenaufschaltung (40) einen Differenzverstärker (44) aufweist, an dessen nicht invertierendem Eingang (242) eine der Istdrehzahl (n_{ist}) des Synchronmotors proportionale Eingangsspannung und an dessen invertierendem Eingang (441) eine dem Motorstrom proportionale Eingangsspannung liegt.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Referenzsignal am Ausgang eines Verstärkers (24) abgenommen ist, an dessen Eingang ein an einem vom Motorstrom durchflossenen Widerstand (17) abgegriffener Spannungsabfall liegt, daß der Ausgang des Verstärkers (24) über einen Vorwiderstand (49) an dem invertierenden Eingang (441) des Differenzverstärkers (44) angeschlossen ist und daß der Teilerabgriff eines am Ausgang eines Drehzahlstwertgebers (34) angeschlossenen Spannungsteilers (45, 46) über einen Vorwiderstand (47) mit dem nicht invertierenden Eingang (442) des Differenzverstärkers (44) verbunden ist.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Spannungsteiler (45, 46) und der zugeordnete Vorwiderstand (47) so bemessen sind, daß bei maximaler Motordrehzahl ein zugelassener maximaler Motorstrom auftritt.
5. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 2—4, dadurch gekennzeichnet, daß für den Start-

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

vorgang an dem nicht invertierenden Eingang (442) des Differenzverstärkers (44) eine Referenzspannung (U_{ref}) anlegbar ist, die so festgelegt ist, daß ein vorgegebener Motorstrom beim Startvorgang nicht überschritten wird.

6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1—5, gekennzeichnet durch eine Abschaltvorrichtung (50), die bei Obertemperatur und/oder Oberspannung die Kommutierungsvorrichtung (21) verriegelt.

7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschaltvorrichtung (50) einen Komparator (51) aufweist, an dem einerseits eine Referenzspannung und andererseits sowohl eine aus der Betriebsspannung des Synchronmotors als auch eine aus einem Spannungsabfall an einem temperaturabhängigen Widerstand (52) abgeleitete Eingangsspannung anliegt und der für die Dauer der Referenzspannungsüberschreitung durch mindestens eine der Eingangsspannungen ein Blockiersignal abgibt, das die Ausgabe der Schaltsignale in der Kommutierungsvorrichtung (21) blockiert.

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzspannung aus der Zenerspannung einer an der Netzgleichspannung (12) angeschlossenen Reihenschaltung aus Vorwiderstand (54) und Zenerdiode (53) gebildet ist, daß die Eingangsspannungen des Komparators (51) einerseits am Teilerabgriff eines an der Netzgleichspannung (12) angeschlossenen Spannungsteilers (56, 57) und andererseits am Teilerabgriff eines an der Netzgleichspannung (12) angeschlossenen Spannungsteilers aus einem ohmschen Widerstand (55) und dem temperaturabhängigen Widerstand (52) abgegriffen ist und daß die beiden Eingangsspannungen gegeneinander entkoppelt an den invertierenden Eingang des Komparators (51) angelegt sind.

9. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3—8 für einen Synchronmotor mit in Stern geschalteter Ankerwicklung, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils ein Halbleiterschalter (14—16) in Reihe mit einer Wicklungsphase (u, v, w) der Ankerwicklung (10) geschaltet ist und daß die parallelen Reihenschaltung einerseits über den Sternpunkt (39) und andererseits über den Widerstand (17) an der Netzgleichspannung (12) liegen.

10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3—8 für einen Synchronmotor mit in Stern geschalteter Ankerwicklung, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei Halbleiterschalter (71, 74 bzw. 72, 75 bzw. 73, 76) in Reihe geschaltet sind und an den Verbindungspunkten (36—38) jeweils eine Wicklungsphase (u, v, w) der Ankerwicklung (10) angeschlossen ist und daß die der Zahl der Wicklungsphasen (u, v, w) entsprechende Anzahl paralleler Reihenschaltungen von jeweils zwei Halbleiterschaltern (71—76) über den Widerstand (17) an die Netzgleichspannung (12) gelegt sind.

11. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1—10, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplituden der Schaltsignale in Abhängigkeit von einer an dem Ausgang eines Drehzahlreglers (28) abgenommenen Regelabweichung zwischen Drehzahl- und -sollwert begrenzt sind.

12. Schaltungsanordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere nach einem der Ansprüche 1—11, gekennzeichnet durch eine Schutz-

schaltung (60) gegen niederohmige Störspannungs-
impulse, die eine an der Netzgleichspannung (12)
angeschlossene Reihenschaltung aus Zenerdiode
(61) und Widerstand (62) aufweist, bei welcher die
am Widerstand (62) abfallenden Differenzspan-
nung zwischen Netzgleichspannung und Zener-
spannung über Entkopplungsdioden (63–65) un-
mittelbar oder mittelbar an die Steuereingänge der
Halbleiterschalter (14–16; 71–76) gelegt ist.

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12 für ei-
nen Synchronmotor mit in Stern geschalteter An-
kerwicklung, bei welcher jeweils ein Halbleiter-
schalter in Reihe mit einer Wicklungsphase der An-
kerwicklung geschaltet ist, dadurch gekennzeich-
net, daß die Reihenschaltung aus Zenerdiode (61)
und Widerstand (62) diodenseitig an dem positiven
und widerstandsseitig an dem negativen Potential
der Netzgleichspannung (12) angeschlossen ist und
daß der Verbindungspunkt zwischen Zenerdiode
(61) und Widerstand (62) über jeweils eine Ent-
kopplungsdiode (61–65) an den Steuereingängen
der Halbleiterschalter (14–16) angeschlossen ist.

14. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12 für ei-
nen Synchronmotor mit in Stern geschalteter An-
kerwicklung, bei welcher jeweils zwei Halbleiter-
schalter in Reihe geschaltet sind und an ihren Ver-
bindungspunkten jeweils eine Wicklungsphase der An-
kerwicklung angeschlossen ist, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Reihenschaltung aus Zenerdiode
(61) und Widerstand (62) widerstandsseitig an dem
positiven und diodenseitig an dem negativen Po-
tential der Netzgleichspannung (12) angeschlossen
ist, daß mit dem Verbindungspunkt zwischen Wi-
derstand (62) und Zenerdiode (61) die Basen zweier
in Reihe geschalteter pnp-Transistoren (68, 69) ver-
bunden sind und daß die Steuereingänge der einen
der beiden Halbleiterschalter (71–73) in den Rei-
henschaltungen an dem Kollektor des einen und die
Steuereingänge der anderen Halbleiterschalter
(74–76) an dem Kollektor des anderen pnp-Transi-
stors (68, 69) jeweils über Entkopplungsdioden
(83–88) angeschlossen sind.

15. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprü-
che 1–14, dadurch gekennzeichnet, daß als Halb-
leiterschalter (14–16, 71–76) ein Leistungs-MOS-
FET (22) verwendet wird, bei welchem das Gate
(G) den Steuereingang bildet.

16. Schaltungsanordnung nach Anspruch 15, da-
durch gekennzeichnet, daß die Gates (G) der MOS-
FET (22) über einen Widerstand (66) mit dem nega-
tiven Potential der Netzgleichspannung (12) ver-
bunden sind.

17. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprü-
che 1–16, dadurch gekennzeichnet, daß als Diffe-
renzbildner (18–20) ein Differenzverstärker (23)
verwendet wird und daß das Referenzsignal an den
invertierenden Eingang (231) des Differenzverstär-
kers (23) und das zugeordnete Schaltsignal an den
nicht invertierenden Eingang (232) des Differenz-
verstärkers (23) gelegt ist.

- Leerseite -

Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Mehrphasen-Synchronmotors
an einem Gleichspannungsnetz

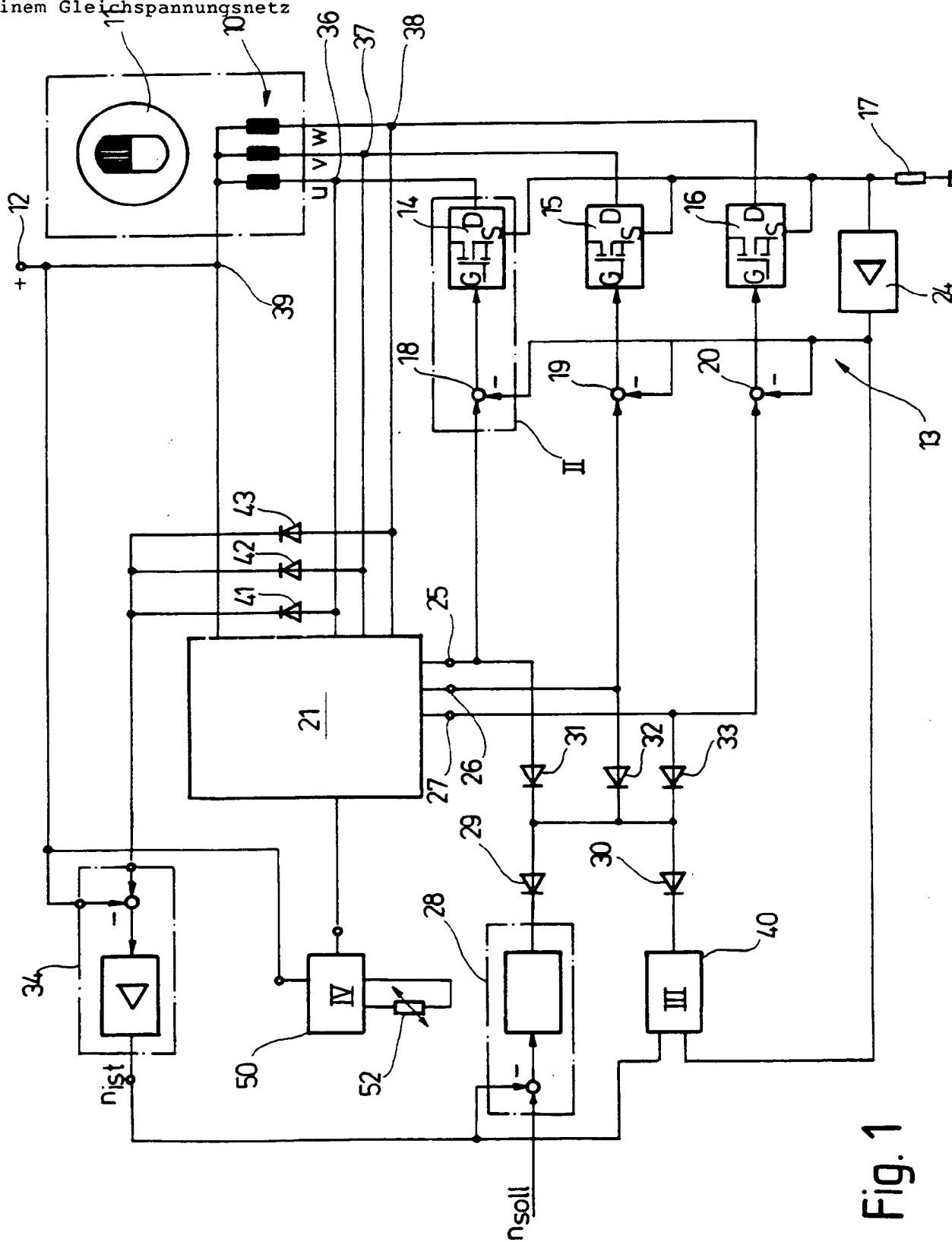


Fig. 1

Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Mehrphasen-Synchronmotors
an einem Gleichspannungsnetz

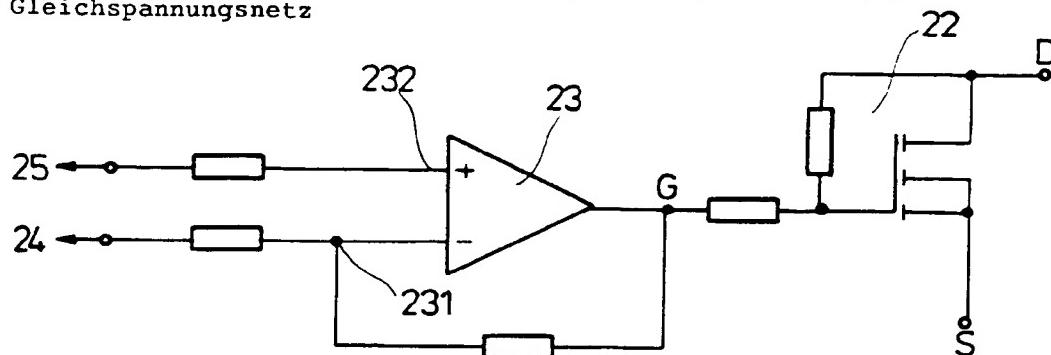


Fig. 2

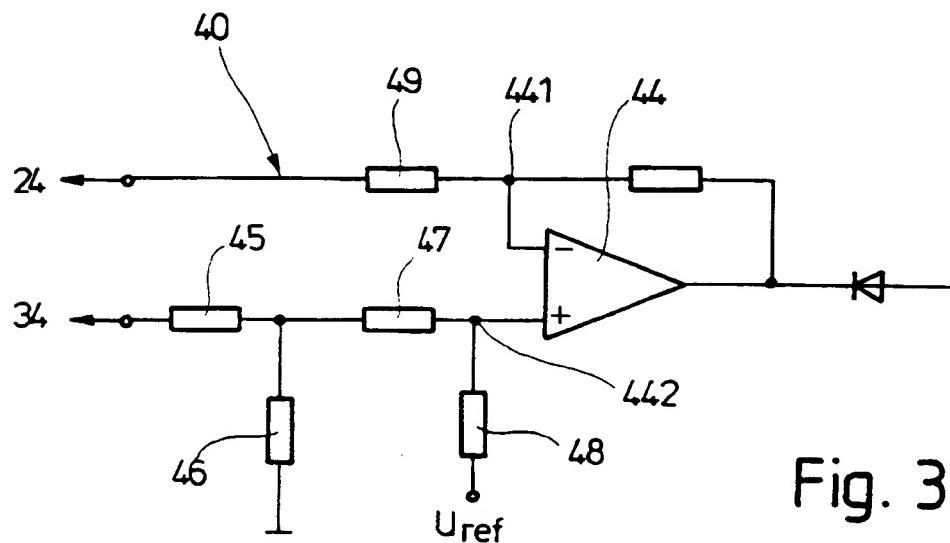


Fig. 3

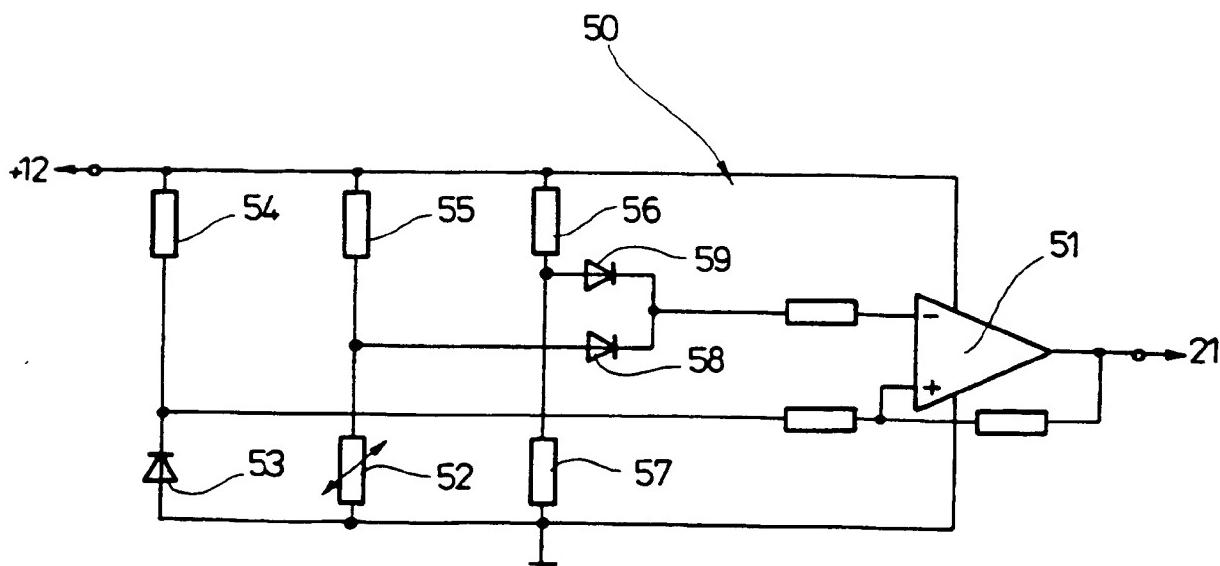


Fig. 4 308 025/360

Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Mehrphasen-Synchronmotors an einem Gleichspannungsnetz

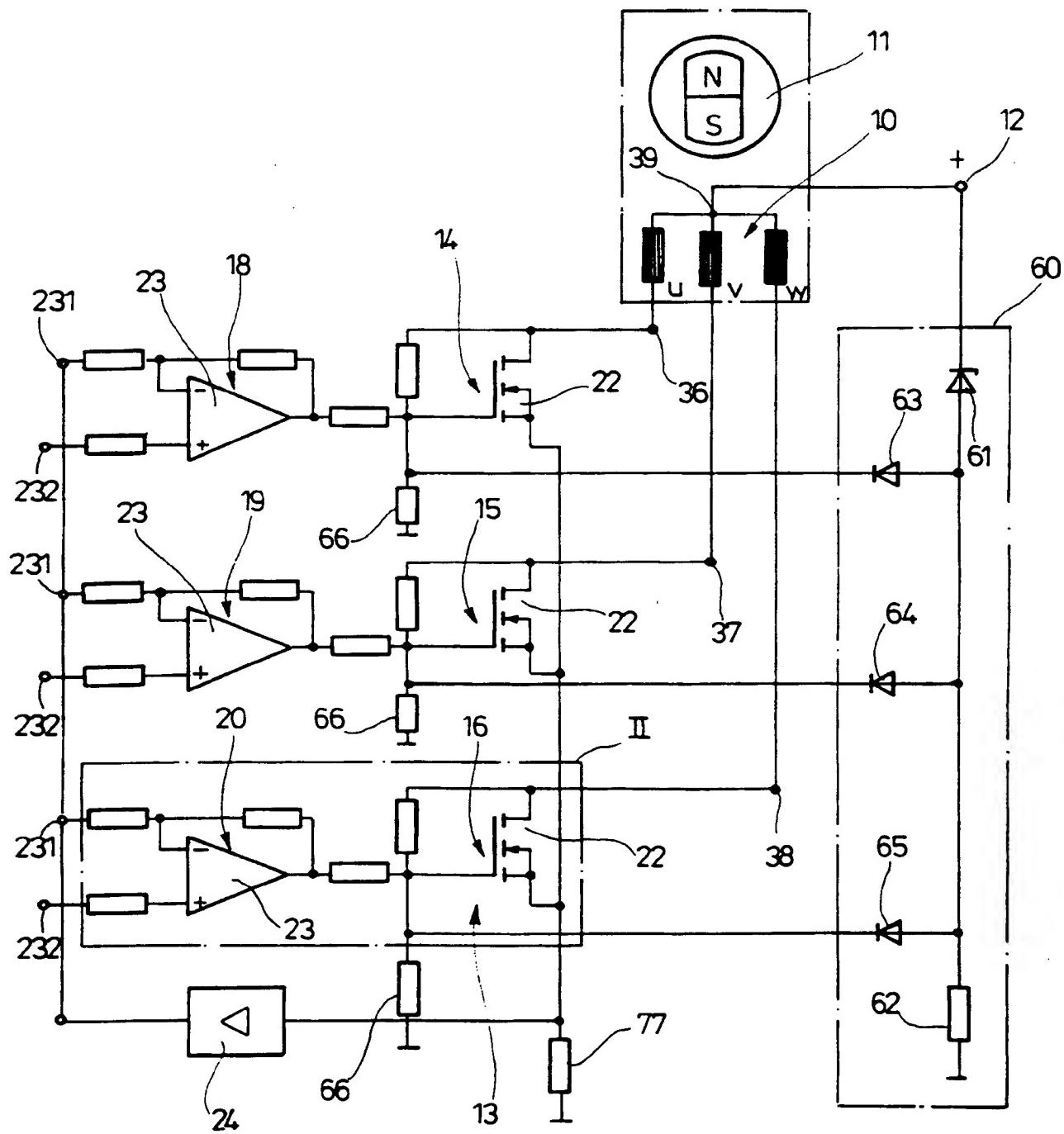


Fig. 5

308 025/360

Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Mehrphasen-Synchronmotors an einem Gleichspannungsnetz

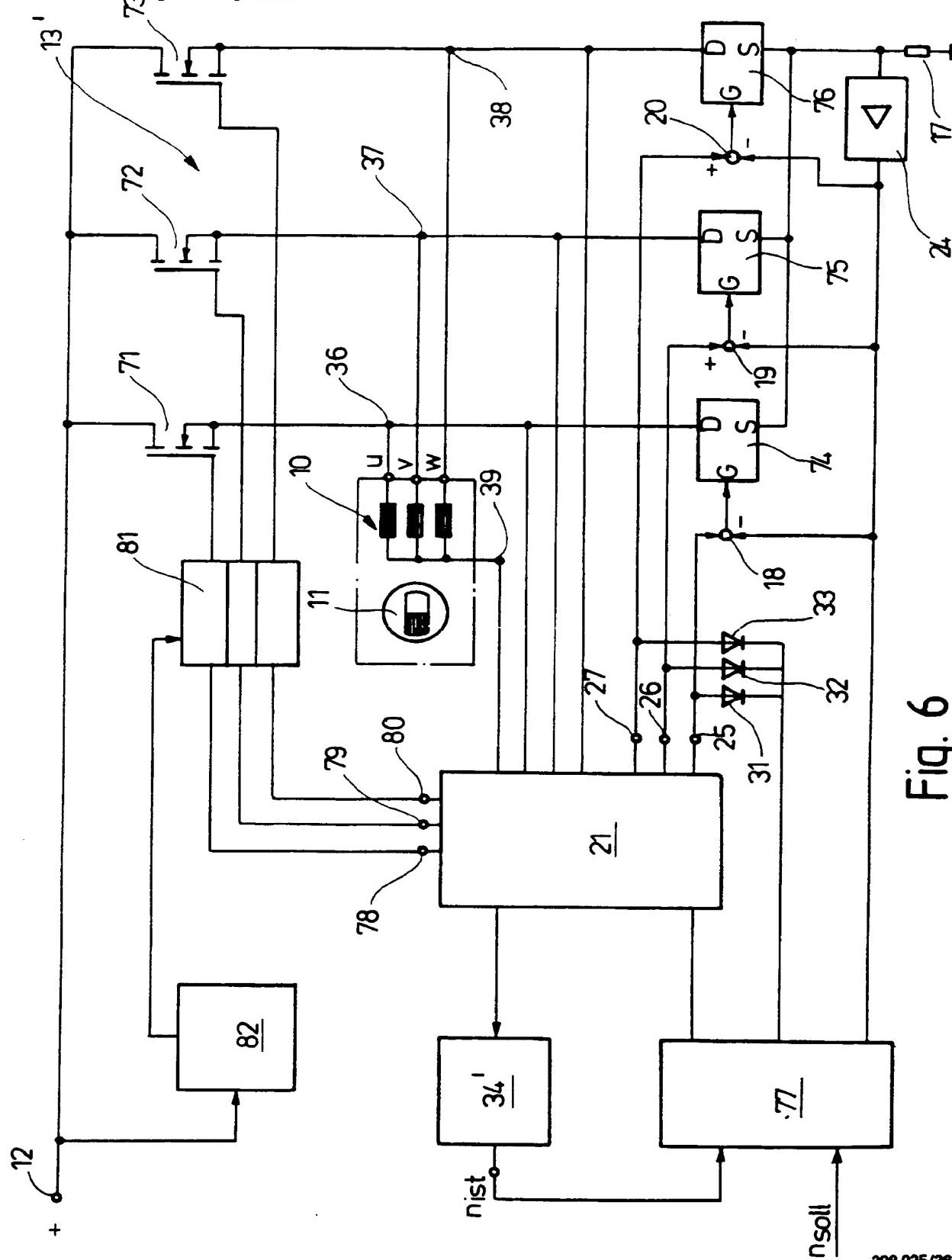
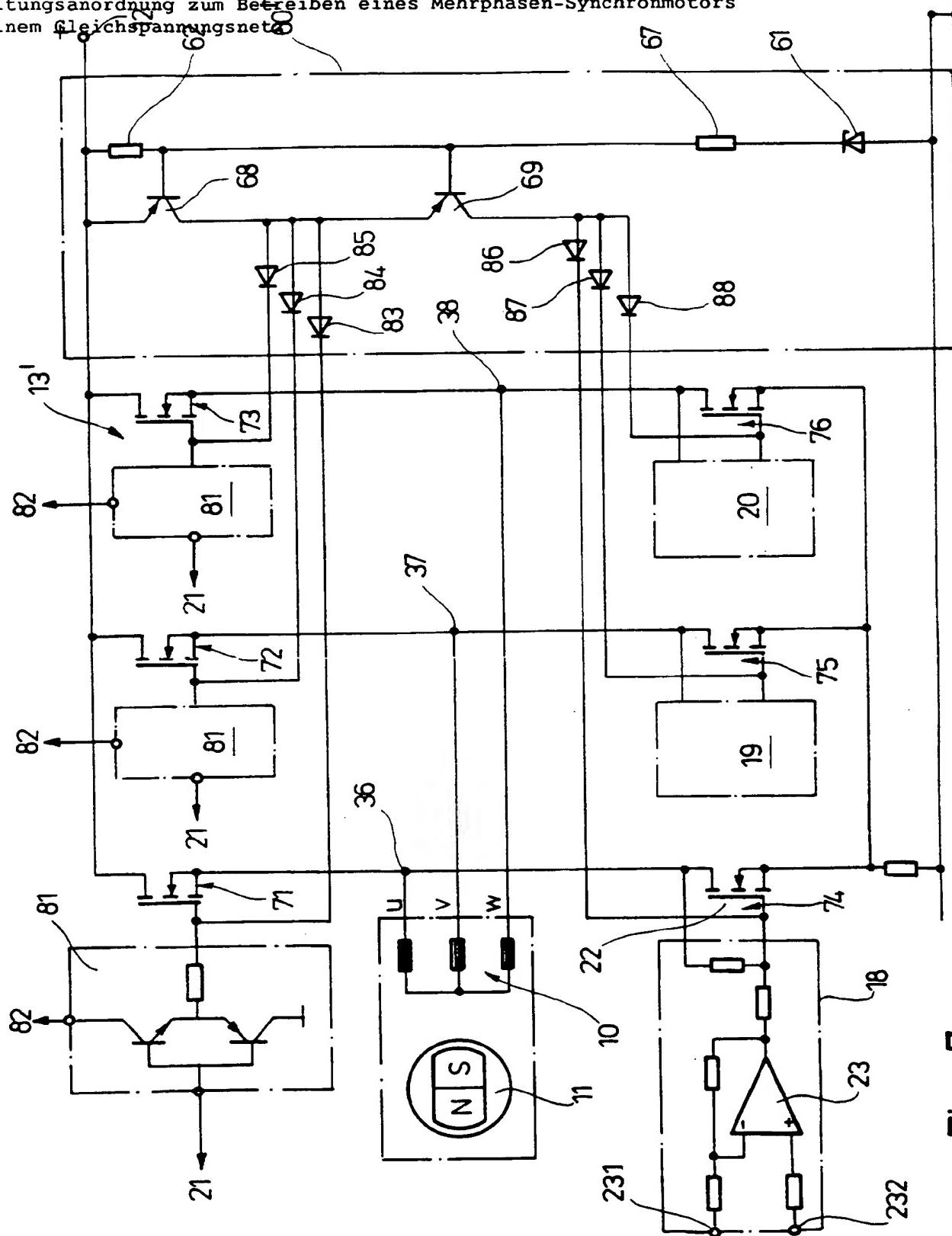


Fig. 6

Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Mehrphasen-Synchronmotors an einem Gleichspannungsnetz



7
Fig.